



جمعية المهندسين الملكيين المصرية

« تأسست في ٣ ديسمبر سنة ١٩٢٠ »

وممتدة بمرسوم ملكي بتاريخ ١١ ديسمبر سنة ١٩٢٢

﴿ النشرة الثالثة للسنة الاولى ﴾

٣

محاضرة

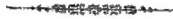
الاعتاب المثلثية المقطع

لحضرة امام افندى شعبان

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

في ١١ فبراير سنة ١٩٢١

الجمعية ليست مسؤولة عما جاء بهذه الصحف من اليان والآراء



تنشر الجمعية على اعضاءها هذه الصحف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية
يجب ان يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالخبر الاسود
(شبنى) ويرسل برسها صندوق البريد رقم ٧٥١ بمصر

ESEN-CPS-BK-0000000428-ESE

00426492

الاعتاب المثالية المقطع في الخرسانة المسلحة

—•—

(المباحث الفنية وأغراضها)

ان أول غرض يرمى اليه البحث الفنى هو النظر الى النتيجة التى وقف عندها السلف فى بحثه ثم التطلع الى مجرى الاحوال وجعل التعديل ملائماً لمقتضى الحال فزول نتيجة البحث مثلاً الى تغيير معامل ديم أو استنباط قانون جديد أو الى الجمع بين قاعدتين متباعتين وهكذا وللبحث مزبة أخرى غير هذا نجعلنا لا نركن فى ادارة أعمالنا الهندسية الى تطبيق النظريات الفنية الماضية وان كان لا يمكن الاستغناء عن بعضها بل يتسنى لنا أن ندير حركة الكون الفنية بما تصل اليه بحائنا الحالية بطرازها المستحدث فنكون ثمرة الأعمال المستخرجة جديدة فى نوعها

وليس كل امرئ بقادر أن يضمن لنفسه الاجادة ولكنه قادر أن يعمل فان انتهى الى بلوغ غايته القصى فقد أكل الواجب مشكوراً وان أبى عليه المنون ذلك فلا يذهبن أسفا على ما فات من ثمرة مجهوده ولسوف يجد من يخلفه فى البحث بشكراً أو تناءاً لانه بما تركه من بحثه قد دلل طريقاً وعره وفتح باباً موصداً ومع ذلك فقد خلد الاثر لنفسه وان ترك الفائدة لغيره

وقد أشار حضرة الرئيس في محاضراته الى أن الجمعيات الهندسية تغذى المعاهد باكتشافاتها العلمية ورجاؤنا جميعاً أن ينفذ ذلك فتكون مدرسة الهندسة مركزاً للأبحاث الناجمة عن أعمال حضرات المهندسين

(البحث في الاعتبار المسلحة المثلثية المقطع)

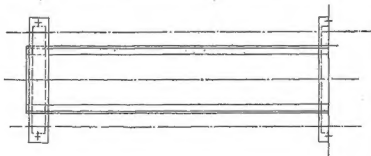
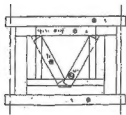
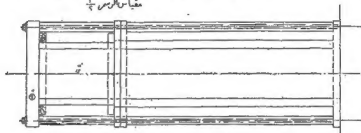
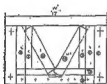
قد قمت بعمل هذه المباحث سنة ١٩١٢ ، سنة ١٩١٣ بجامعة برمنجهام والغرض منها مقارنة هذا النوع نظرياً وعملياً بأعقاب مستطيلة المقطع وأخرى شكل T والتحقق إذا كانت الأولى أقل حجماً أو بعبرة أخرى أقل نفقة من الثانية عند ما تتساوى المقاومة وهذا البحث لا يتعدى نسبة معينة من التسليح وابعاد محدودة وأهم مزايا الخرصانة المسلحة هي :-

- «١» سرعة انجاز العمل «٢» مقاومة الانشاءات التي من هذا القبيل للحريق كما شاهدتم في محل شيكوريل اذ لو كان الحل من المباني الحجرية أو الحديدية لتهدمت أجزاؤه ولكن الخرصانة تقى الحديد الحرارة «٣» في الاحوال العادية تكاليف الانشاءات الاصلية ومصاريف الصيانة أقل من أى انشاء آخر معادل لها في المتانة
- «٤» يمكن عمل مبان ذات أدوار عديدة كالعمارات ذات الثلاثين دوراً التي تقرأ عنها في الجرائد الامريكية من الخرصانة المسلحة لا يمكن عملها بأى طريقة أخرى
- «٥» استعمالها في المناجم كأعقاب والواح لسهولة نقلها وعدم

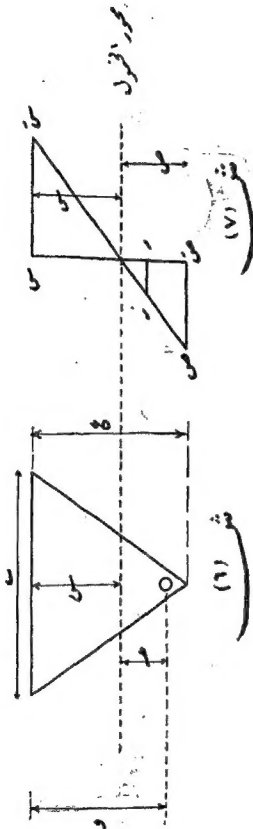
Design for wooden forms for beams & columns of triangular section

Scale $\frac{1}{4}$

تمثيل لتوالي خشبية لأحباب واحدة بطول ٨ أقدام و ٦ إنشات
مقياس الرسم $\frac{1}{4}$

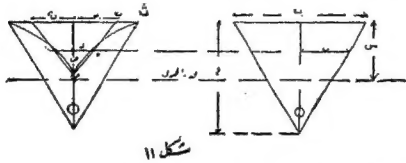


No.	Quantity of Pieces	Dimensions
1a	4	$12' \times 8' \times 8'$
1b	2	$12' \times 8' \times 8'$
2	12	$1' \times 12' \times 12'$
3	8	$1' \times 12' \times 12'$
4	12	$1' \times 12' \times 12'$
5	4	$1' \times 12' \times 12'$
6	8	$1' \times 12' \times 12'$
7	4	$1' \times 12' \times 12'$
8	2	$1' \times 12' \times 12'$
9	12	$1' \times 12' \times 12'$
10	8	$1' \times 12' \times 12'$
11	4	$1' \times 12' \times 12'$
12	2	$1' \times 12' \times 12'$
13	2	$1' \times 12' \times 12'$
14	2	$1' \times 12' \times 12'$
15	2	$1' \times 12' \times 12'$
16	2	$1' \times 12' \times 12'$
17	2	$1' \times 12' \times 12'$
18	2	$1' \times 12' \times 12'$
19	2	$1' \times 12' \times 12'$
20	2	$1' \times 12' \times 12'$
21	2	$1' \times 12' \times 12'$
22	2	$1' \times 12' \times 12'$
23	2	$1' \times 12' \times 12'$
24	2	$1' \times 12' \times 12'$
25	2	$1' \times 12' \times 12'$
26	2	$1' \times 12' \times 12'$
27	2	$1' \times 12' \times 12'$
28	2	$1' \times 12' \times 12'$
29	2	$1' \times 12' \times 12'$
30	2	$1' \times 12' \times 12'$
31	2	$1' \times 12' \times 12'$
32	2	$1' \times 12' \times 12'$
33	2	$1' \times 12' \times 12'$
34	2	$1' \times 12' \times 12'$
35	2	$1' \times 12' \times 12'$
36	2	$1' \times 12' \times 12'$
37	2	$1' \times 12' \times 12'$
38	2	$1' \times 12' \times 12'$
39	2	$1' \times 12' \times 12'$
40	2	$1' \times 12' \times 12'$
41	2	$1' \times 12' \times 12'$
42	2	$1' \times 12' \times 12'$
43	2	$1' \times 12' \times 12'$
44	2	$1' \times 12' \times 12'$
45	2	$1' \times 12' \times 12'$
46	2	$1' \times 12' \times 12'$
47	2	$1' \times 12' \times 12'$
48	2	$1' \times 12' \times 12'$
49	2	$1' \times 12' \times 12'$
50	2	$1' \times 12' \times 12'$
51	2	$1' \times 12' \times 12'$
52	2	$1' \times 12' \times 12'$
53	2	$1' \times 12' \times 12'$
54	2	$1' \times 12' \times 12'$
55	2	$1' \times 12' \times 12'$
56	2	$1' \times 12' \times 12'$
57	2	$1' \times 12' \times 12'$
58	2	$1' \times 12' \times 12'$
59	2	$1' \times 12' \times 12'$
60	2	$1' \times 12' \times 12'$
61	2	$1' \times 12' \times 12'$
62	2	$1' \times 12' \times 12'$
63	2	$1' \times 12' \times 12'$
64	2	$1' \times 12' \times 12'$
65	2	$1' \times 12' \times 12'$
66	2	$1' \times 12' \times 12'$
67	2	$1' \times 12' \times 12'$
68	2	$1' \times 12' \times 12'$
69	2	$1' \times 12' \times 12'$
70	2	$1' \times 12' \times 12'$
71	2	$1' \times 12' \times 12'$
72	2	$1' \times 12' \times 12'$
73	2	$1' \times 12' \times 12'$
74	2	$1' \times 12' \times 12'$
75	2	$1' \times 12' \times 12'$
76	2	$1' \times 12' \times 12'$
77	2	$1' \times 12' \times 12'$
78	2	$1' \times 12' \times 12'$
79	2	$1' \times 12' \times 12'$
80	2	$1' \times 12' \times 12'$
81	2	$1' \times 12' \times 12'$
82	2	$1' \times 12' \times 12'$
83	2	$1' \times 12' \times 12'$
84	2	$1' \times 12' \times 12'$
85	2	$1' \times 12' \times 12'$
86	2	$1' \times 12' \times 12'$
87	2	$1' \times 12' \times 12'$
88	2	$1' \times 12' \times 12'$
89	2	$1' \times 12' \times 12'$
90	2	$1' \times 12' \times 12'$
91	2	$1' \times 12' \times 12'$
92	2	$1' \times 12' \times 12'$
93	2	$1' \times 12' \times 12'$
94	2	$1' \times 12' \times 12'$
95	2	$1' \times 12' \times 12'$
96	2	$1' \times 12' \times 12'$
97	2	$1' \times 12' \times 12'$
98	2	$1' \times 12' \times 12'$
99	2	$1' \times 12' \times 12'$
100	2	$1' \times 12' \times 12'$



الخوف من النار التي تشب
من حوادث الانفجار
«٦» لا يتاكل الصلب
من الصدأ لأن الخرصانة تقويه
«٧» استعمالها في أعمال
المجاري والسكك الحديدية
والكبارى والاساسات في
الاراضي الرملية والطينية
الرخوة والمواسير وعمل
الخواجز في القناطر
والذي حدا في الى التفكير
في هذا النوع من الاعتبار
أنه في أى عتب يتحمل
الجزء الاعلى من محور الخمول
الضغوط ويتحمل الاسفل منه
الشد وان الخرصانة في
الاسفل من محور الخمول
لا تساعد قضبان الصلب على
مقاومة الشد كما ترى من
الحساب الاتي

لنعتبر أن الخرسانة تعمل مع الصلب في تحمل الشد ففي هذه الحالة نعتبر العتب كأنه عتب اعتيادي استبدل فيه التسليح بمقدار من الخرسان يبعد بمسافة ثابتة عن محور الخمول



فإذا فرض أنه $\sigma_1 = \sigma_2$ أكبر جهد للشد في الخرسانة

وإنه $\sigma_1 = \sigma_2$ للضغط في الخرسانة

و $\sigma_1 = \sigma_2$ للشد في الصلب

و $\sigma_1 = \sigma_2$ للضغط في الصلب

و $\sigma_1 = \sigma_2$ مساحة الصلب

و $\sigma_1 = \sigma_2$ الخرسانة فوق محور الخمول

وحيث أن الخرسانة اعتبرت مشتركة مع الصلب في تحمل الشد

فيجب أن يكون تحريفهما واحداً ونفرض أن ϵ معامل المرونة للصلب

و ϵ معامل المرونة للخرسانة

و $\epsilon = \epsilon_1$

فمن شكل ٧ حيث أن النحريف متساو في الصلب والخرسانة ينتج أن

$\sigma_1 : \sigma_2 = \epsilon_1 : \epsilon_2$

و $\sigma_1 : \sigma_2 = \epsilon_1 : \epsilon_2$ مساحة التسليح (الصلب)

(١) تستبدل بمساحة مقدارها σ_1 من الخرسانة وعلى ذلك تكون

المساحة المكافئة للقطاع هي

$$(1-\nu) + \frac{2\nu}{r} = 1 - \nu + 1 - \frac{2\nu}{r}$$

و عم الى تحدث في الكرة شرخاً أو كسراً بالشد = $\frac{f_1 \times \text{عق}}{ص}$ ومنه

$f_1 =$ القوة النهائية التي تحملها الخرسانة في الشد = ١٠ر٥٤
كيلوجرام على السنتيمتر المربع

$$و عم = \frac{٣٦٠٠ \times ١٠ر٥}{١١ر٤} = ٣٣٢٠ \text{ كيلو جراما سنتيمتراً}$$

والحمل القاطع = $\frac{٤ \times ٣٣٢٠}{٢١٣ر٣٦} = ٣٦٠$ كيلو جراما
وبنفس الطريقة وجدت العزوم والمقادير الأخرى المبينة بالجدول
نمرة (١) لاعتاب مختلفة وفي الجدول الاتي نجد عزم المقاومة النظرى
المسبب للكسر مع عزم المقاومة الحقيقى

وهذه الكرات قد صنعت من خرسانة بنسبة ٥:٢:١ محتوياتها
مبالة وأختبرت بعد مضى شهرين على فتحة مقدارها ٢١٣ر٣٦ سنتيمترا
[عزم المقاومة من تأثير وزن الكرة = ٢٥٠٠ كيلو جرام سنتيمتر
لان الكرات تزن ١٣٦ كيلوجراما]

كرات ذات مقطع مثلثى ٢٠ر٣ × ٢٠ر٣ × ٢٠ر٣ سنتيمترا
مصنوعة من خرسانة بنسبة ٥:٢:١ أختبرت بعد مضى شهرين
على فتحة مقدارها ٢١٣ر٣٦ سنتيمترا ومحملة بحمل مركزى (اى فى
المنتصف) [

جدول نمرة ١٩

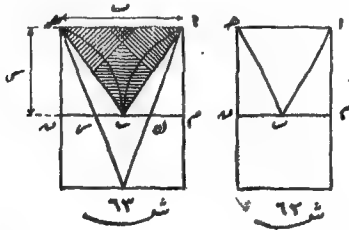
٢٠٠ ١٠٠ ٥٠ ٢٠ ١٠ ٥ ٢ ١	قطر التسليح	بعد التسليح من اعل بالليمتر	عزم التسليح بالكيلوجرام	عزم المقاومة الحقيقي عند الكسر الاول بالكيلوجرام	عند الكسر الاول بالكيلوجرام	عزم المقاومة الذي تتطلبه الكسر الاول بالكيلوجرام
١	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
٢	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
٣	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
٤	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
٦	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
٧	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
٨	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
٩	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
١٠	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
١١	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥

ونرى من الجدول أن

أولاً — المقاومة الحقيقية تبلغ ١٥ مرة المقاومة المحسوبة
وهذا يدل على أن نظرية اشراك الخرسان مع الصلب في تحمل
الشند ليست بصحيحة

وفي الحقيقة يمكننا أن نجعل الخرسان تنشق من أسفل ونرى من
الحانة الأخيرة من الجدول مرة (١) أن الاعتاب انكسرت بعزم
مقداره مرة ونصف العزم عند أول شرخ وفي الحقيقة أن الشروخ
التي تحصل في الأول لا تضر العتب اذ كلما انقصنا من الخرسانه تحت
محور الخمول كلما كان أوفر وظاهر ذلك من الشكل بالخط الاعتاب
المثلثة المقطع

ثانياً — الألياف في الجزء الاعلى من محور الخمول معرضة للضغط
ويختلف الضغط من صفر عند محور الخمول الى النهاية العظمى في أعلى الكرة



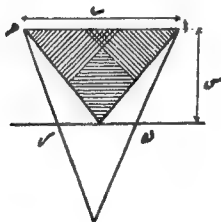
ويمكن استبدال المستطيل am بـ ab بمثلث ab موزعا عليه
الضغط بانتظام وهذا الضغط يساوى أقصى ضغط ويسمى المثلث
 ab بالمساحة المكافئة

٥٠ =

ومساحة هذا المثلث المكافئ تساوى $\frac{س \times س}{٢}$. مساحة
الجزء الخامل والذي يمكن الاستغناء عنه $= \frac{س \times س}{٢}$
أى ان نسبة الجزء الخامل فى المساحة الى المستطيل ا م ر ه
= ٥٠ %

اما المساحة المكافئة فى الاعتبار المثلثة المقطع فى الشكل المظلل
ومساحته كما سألينها فيما يأتى هى $\frac{س \times س}{٢} \left(\frac{٢}{٣} - \frac{١}{٣} \right)$
ومساحة الجزء الخامل هى الفرق بين مساحة الشكل ا ك ر ه
والمساحة المظلمة

$$= مساحة ا ك ر ه - \frac{س \times س}{٢} \left(\frac{٢}{٣} - \frac{١}{٣} \right) = \frac{س}{٢} \times \frac{س(٢-١)}{٢} = \frac{س \times س}{٤}$$



ش ٦٤

$$\begin{aligned} \frac{س \times س}{٢} - \frac{س \times س}{٢} \left(\frac{٢}{٣} - \frac{١}{٣} \right) &= \frac{س \times س}{٢} \left(١ - \frac{١}{٣} \right) = \frac{س \times س}{٢} \times \frac{٢}{٣} = \frac{س^٢}{٣} \\ \frac{س \times س}{٢} - \frac{س \times س}{٢} \left(\frac{٢}{٣} - \frac{١}{٣} \right) &= \frac{س \times س}{٢} \left(١ - \frac{١}{٣} \right) = \frac{س \times س}{٢} \times \frac{٢}{٣} = \frac{س^٢}{٣} \\ \frac{س \times س}{٢} - \frac{س \times س}{٢} \left(\frac{٢}{٣} - \frac{١}{٣} \right) &= \frac{س \times س}{٢} \left(١ - \frac{١}{٣} \right) = \frac{س \times س}{٢} \times \frac{٢}{٣} = \frac{س^٢}{٣} \end{aligned}$$

نسبة المئانية للجزء الحامل الى مساحة الجزء الذى فوق محور الجول	نسبة $\frac{m}{c}$	قطر سيخ التسليح	نمرة الكرة
٤٨ ٪	١٨١٥	٥٠٩٥ م	١
٤٧٦٨ ٪	٢٤٤	١٢٧ »	٢
٤٦٧٩ ٪	٣٢٢	١٩٠٥	٣
٤٧٥٨ ٪	٢٥٧	١٤٢٩	٤

وتستنتج من هذا الجدول أنه كلما زاد مقدار التسليح كلما قلت النسبة المئانية للجزء الحامل الى مساحة الجزء الذى فوق محور الجول وتستنتج ايضا ان هذه النسبة أقل من النسبة في حالة الاعتاب المستطيلة المقطع أى ان هناك وفر باخذ الاعتاب المثلثية المقطع

والآن نبدأ بإيجاد مقاومة الاعتاب المثلثية المقطع نفرض ان الخرسانة لا تأخذ نصيبا من الشد وان المقطع يكون مستويا قبل وبعد الاثناء وان الخرسانة تنقل التأثير الى الصلب

شكل (٨)

ونفرض ف_١ أقصى قوة للشد في الخرسانة
 و ف_٢ » » للضغط
 و ف_٣ » » للشد
 و ف_٤ » » للضغط

ومن الشكل نمرة ٩

$$\frac{m}{c} = \frac{\text{أقصى تقصان في الخرسانة}}{\text{أقصى امتداد في الصلب}}$$

تقرض ان $\frac{u}{1} = n$ نسبة معامل المرونة للصلب الى معامل المرونة
للخرسانة . $\therefore \frac{u}{1} \times n = \frac{u}{1}$

$$\therefore m = n \times \frac{u}{1} \quad (١)$$

$$m \cdot s = d - s$$

$$\therefore d - s = m \times \frac{u}{1} \text{ من المعادلة (١)}$$

$$m \cdot s = d - s \quad (١ + n \times \frac{u}{1})$$

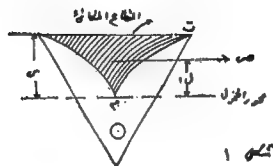
$$m = \frac{d - s}{\frac{u}{1} + 1}$$

ومن الشكل بمرة ١٠

ش = الشد الكلى و ض = الضغط الكلى

$$ش = ف \times ١$$

١ = مساحة التسليح



حساب الضغط الكلى فى الخرسانه
نشىء القطاع المكافىء أو المساحة المكافئة فالمساحة المظلمة تمثل
المساحة المكافئة فى شكل (١)

ولابجاء المعادلة المنحنى م ا ب من شكل (١١)

$$\frac{L}{M} = \frac{C}{S} \dots \dots \dots (٤)$$

ومن الشكل (١١) أيضاً

$$\frac{L}{M} = \frac{C}{S} = \frac{C - S + S}{S} = \frac{C - S}{S} + 1 \dots \dots \dots (٥)$$

$$\therefore T = \frac{C}{S} \times \frac{C - S}{S} + 1$$

ومن المعادلة (٤)

$$L = \frac{M}{S} \times \frac{C - S + S}{S} \text{ التى هى معادلة من الدرجة الثانية}$$

لابجاء الضغط الكلى : شكل ١٢ وشكل ١٣

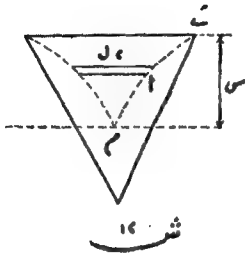
نأخذ شقة صغيرة عرضها ٢ل وارتفاعها دص ووحدة الضغط

عليها ف_١ فيكون الضغط على هذه الشقة = ٢ل × دص × ف_١

ويكون الضغط الكلى م = تكامل الضغط على الشقة

$$M = \int ٢ل دص \times ف_١$$

نم نستبدل ل بالمقدار الذى سبق ايجاده



$$م = \frac{س}{١٢} \times \frac{ع}{٣} \times \left[\frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} \right] \text{ و } م$$

$$= \frac{س}{١٢} \times \frac{ع}{٣} \times \left(\frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} \right) \text{ و } م$$

$$= \frac{س}{١٢} \times \frac{ع}{٣} \times \left(\frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} \right) \text{ و } م$$

$$\text{و } م^{(٢)}$$

$$ف \frac{س}{١٢} \times \frac{ع}{٣} \times \left[\frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} \right]$$

$$= \frac{س}{١٢} \times \frac{ع}{٣} \times \left[\frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} \right]$$

$$\therefore م = \frac{س}{١٢} \times \frac{ع}{٣} \times \left\{ \frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} + \frac{س}{٣} \right\}$$

$$(٦) \quad \dots \left\{ \frac{س}{٣} - \frac{ع}{٣} \right\} \frac{س}{٣} =$$

وبما ان الضغط الكلى في الخرسانه = الشد الكلى في الصلب

$$\therefore \text{الشد ا ف} = \frac{س}{١٢} \times \frac{ع}{٣} \times \left\{ \frac{س}{٣} - \frac{ع}{٣} \right\} \frac{س}{٣}$$

$$\therefore \frac{س}{١٢} \times \frac{ع}{٣} \times \left\{ \frac{س}{٣} - \frac{ع}{٣} \right\} \frac{س}{٣} =$$

ولكن من المعادلة (١)

$$\frac{س}{١٢} = \frac{س}{١٢}$$

$$\frac{س}{١٢} = \frac{س}{١٢} \times \frac{ع}{٣} \times \left(\frac{س}{٣} - \frac{ع}{٣} \right)$$

$$\therefore م = \frac{س}{١٢} \times \frac{ع}{٣} \times \left(\frac{س}{٣} - \frac{ع}{٣} \right)$$

$$\therefore S = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) \times 1 \times 1 = 0$$

$$\therefore S = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) \times 1 \times 1 = 0$$

$$(8) \quad \therefore S = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) \times 1 \times 1 = 0$$

وهذه معادلة من الدرجة الثالثة

ومنها يمكن تعيين محور الجول اذا علم لنا مساحة الصلب ولايجاد مركز الضغط أو بمقارنة أخرى لايجاد مركز الثقل -
المساحة المكافئة

(المساحة المكافئة هي المساحة التي عليها الجهد موزع بانتظام
ويساوي أقصى جهد على العتب)

$$\text{نقول } S = \frac{1 \times 1 \times 1}{\left[\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right]}$$

ل بعد مركز الضغط عن محور الجول

$$\therefore S = 2 \times 1 \times 1 \times \left\{ \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right\} = 0$$

أي العزم للضغط الكلي حول محور الجول = تكامل العزم

بالنسبة للشدة

$$= \frac{1}{2} \times 1 \times 1 \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) = 0$$

$$= \frac{1}{2} \times 1 \times 1 \times \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{3} \right] = 0$$

$$\left[\frac{1}{4} + \frac{1}{3} - \frac{1}{3} \right] \frac{1}{2} =$$

$$\left[\frac{1}{12} - \frac{1}{3} \right] \frac{1}{2} =$$

$$\left[\frac{1}{12} - \frac{1}{3} \right] \frac{1}{2} =$$

$$\left[\frac{1}{12} - \frac{1}{3} \right] \frac{1}{2} = 1$$

$$(9) \dots\dots\dots \times \frac{1}{2} =$$

ملحوظة : في هذا التكامل س مقدار ثابت

والآن نطبق هذه القوانين ونبحث عن مقاومة اعتاب مختلفة

منها كمرة ذات سيخ واحد قطره ١٢٥٧ م.م ويعدده عن الحافة

السفلى ٥٠٦٧٩٩ م.م وباستعمال المعادلة (٨) ينتج

$$1 = 1027 \text{ م}^2$$

$$\times 10 \times (10 - 1257) = (10 - 5324) \times 10$$

$$10 \times 178 = 178 \times 10 = 1780$$

$$10 - 10 = 0$$

$$\text{ومن المعادلة (٦) } = \frac{(1781 - 178) \times 10 \times 10 \times 10}{178}$$

$$= 99790.4 \text{ كيلو جرام}$$

نأخذ العزم حول مركز الشد في الكمرة فينتج عندنا ان

$$99790.4 (L + H)$$

$$\begin{aligned} \bar{L} &= \frac{4 \times 1728 - 4231}{4231 \times 2 - 1728 \times 6} \times 4231 = 299337 \text{ سم} \\ \therefore \text{عم} &= 99790.4 \times (299337 + 82382) = 11150 \text{ سم} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{وحمل الامن في منتصف العتب} &= \frac{4 \times 11150}{213236} \\ &= 2119374 \text{ كيلو جرام} \\ \text{عزم المقاومة الذي يسبب كسر الخرسانة} &= 11150 \times 5 = 55750 \text{ ك. س. م} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{والحمل القاطع في منتصف العتب} &= 1056186 \text{ ك. م} \\ \text{ثم نأخذ العزوم حول مركز الضغط في الخرسانة فينتج} \\ \text{عم} &= f(1 + e) \\ f &= 938 \text{ ك. م. ف. سم}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{عم} &= 938 \times 1227 \times 11316 = 13400 \text{ ك. سم} \\ \text{وحمل الامن حينئذ} &= 251 \text{ ك. م} \end{aligned}$$

وعزم المقاومة الذي يسبب خضوع الصلب

$$= \frac{1}{11} \times 13400 = 42400 \text{ ك. سم}$$

ولاني وجدت الصلب الذي استعملته له حمل تسليم مقداره

29600 كيلو جرام على السنتيمتر المربع

والحمل القاطع في هذه الحالة = 795 ك. جرام

وعند حساب حمل الامن لابد وأن نعتبر الحمل 2119374

ك. جرام وليس 215 ك. جرام

وتمد حساب الحمل القاطع لابد وان نعتبر الحمل ٧٩٥
ك . جرام وليس ١٠٥٦ ك . جرام
أى أن العتب ينكسر بواسطة خضوع أو تسليم الصاب
وقد اثبتت التجربة ذلك

اذ نرى من الجدول نمرة ٢ : ان الحمل القاطع الحقيقى بخانة نمرة ٨ هو
٩٨٥ ك . جرام أى اقل من الحمل القاطع بالنسبة للخرسا نه . وقد انكسر
العتب فعلا بخضوع الصاب

الجدول الاثنى يشتمل على التقاوة الحقيقية المحسوبة لكمرات مثلية
المقطع مساحية بسبخ واحد على بعد ٧٩٩ . ٥ مم من الحافة السفلى
والمحلول كان بنسبة ١ : ٢ : ٥ المبالغة الى ١٦٣ ك . جرام من الاسمنت
الى ٣١٠٠ ك . جرام من الرمل الى ٨٥ ك . جرام من الحصى
« جدول نمرة ٢ »

نمرة الكمرات	قطر القالب السلج	مساحة التسليح سم ^٢	النسبة المئوية لـ التسليح ومساحة المحلول فوق الصلب ٪	مؤثر محو س الحمول من اعلا	على الامر الصوب	مقاومة الكمر الخرسوبه	مقاومة الكمر الخشبية	الحمل المسبب لاول تشقق
١	٩٥ مم	٧١	٤٣	٢٨٤١	١٤٦	٤٦٥	٦٧٥	٥٦٢
٢	٩٥	٧١	٤٣	٢٨٤١	١٤٦	٤٦٥	٦٤٠	٣٤٠
٣	١٢٧	١٢٧	٧٦٥	٤٣٢	٢١١	٨٠٩	١٠٢٥	٥٣٥
٤	١٢٧	١٢٧	٧٦٥	٤٣٢	٢١١	٨٠٩	٩٨٥	٩٨٥
٥	١٤٢٩	١٦٦	٩٧	٤٥٧	٢٢٠	٩٦٠	١٠٤٠	٦٥٧
٦	١٤٢٩	١٦٦	٩٧	٤٥٧	٢٢٠	٩٦٠	١٦٨٠	١٦٨٠
٧	١٩٠٥	٢٩٠	١٧٢٥	٥٧١	٢٦٧	١٣٦٠	٢٠٤٠	٩٤٠
٨	١٩٠٥	٢٩٠	١٧٢٥	٥٧١	٢٦٧	١٣٦٠	١٧٧٠	١٤٠٥

وبل الخرصان ثم قلب ثلاث مرات قبل البل وبعده . وبعد
مضى شهرين اجريت التجارب على السكرات بوضع حمل على
منتصف مسافة قدرها ٢١٣٣٦ س.م.

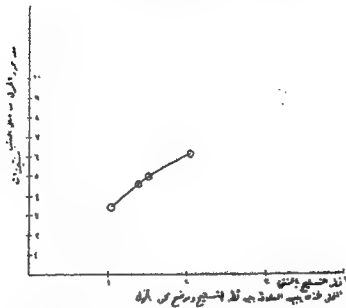
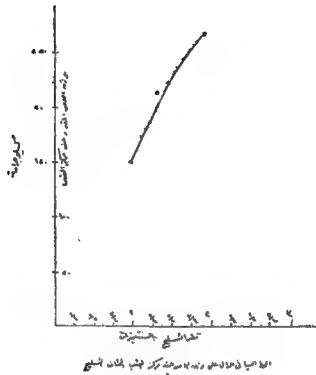
السكرتة نمرة ٢ حملت خائفا ولذلك لاعبرة للعدد . وسلان الحمل
الذى بوضع بالتدرج = نصف الحمل الفجائي

نلاحظ في هذا الجدول ان في بعض الاعتاب الحمل المأمون
اكبر من الحمل المسبب لاول شق ومع ذلك لاخوف من استعمال
هذا الحمل المأمون لان الشقوق الاولى في اسفل الكرة لا تؤثر بالمرة
ولا خوف منها

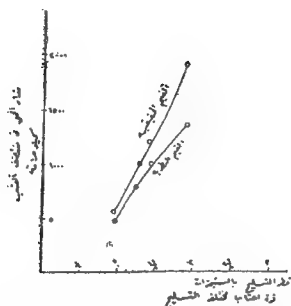
ومن الجدول الانى نرى ان الاعتبار الاول وهو نظرية اشتراك
الخرصان مع الصلب في الشد غير حقيقية لان الحمل القاطع النظرى
يقرب للحقيقي في الاعتبار الثانى عن الاول

« مقارنة »

نمرة السكرتة	قطر الضيب المساح	الحمل ا قاطع	الحمل القاطع	الحمل الحقيقى
		الاعتبار الاول كسج	الاعتبار الثانى كسج	كسج
١	٩ر٥	٦٣	٤٦٥	٦٧٥
٢	٩ر٥	٦٣	٤٦٥	٣٤٠
٣	١٢ر٧	٦٨ر٥	٨٠٩	١٠٢٥
٤	١٢ر٧	٦٨ر٥	٨٠٩	٩٨٥
٥	١٤ر٢٩	٧٢ر٥	٩٦٠	١٠٤٠
٦	١٤ر٢٩	٧٢ر٥	٩٦٠	١٦٨٠
٧	١٩ر٠٥	٨٧ر٢	١٣٦٠	٢٠٤٠
٨	١٩ر٠٥	٨٧ر٢	١٣٦٠	١٧٧٠



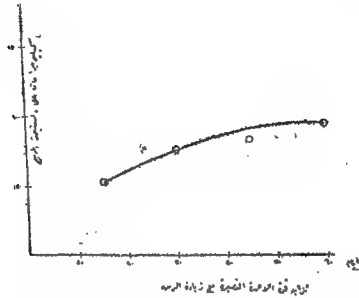
وعملت تجارب على اعتبار لايجاد التأثير الناتج من اختلاف موضع الصلب والجدول الاتي نمرة ٣ مبين به بعد التسامح من السطح الاعلى الكرة لمنتصف الصلب وحمل الامن المحسوب وايضا الحمل القاطع الحقيقي وذلك باستعمال القوانين السابقة



هذا وان الكرات كانت من الخرسان المرطب المخلوط بنسبة ١:٢:٥ وعملت عليها التجارب بعد شهرين بتأثير احمال وضعت في منتصفاتها وكان طول الكرات ٢١٣٣٦ سم ومقطعها مثلث متساوي الاضلاع طول ضلعه ٢٠.٣ سم

« جدول نمرة ٣ »

الجل الناظم الحقيقي كج	الجل الناظم الحقيقي كج	الجل الناظم الحقيقي كج	الجل الناظم الحقيقي كج	الجل الناظم الحقيقي كج	الجل الناظم الحقيقي كج	مكان او بعد التساويح من السطح الاسفل	الجل الناظم الحقيقي كج
المتوسط							
٦٧٨	٦٧٥	٥٦١	٤٦٥	١٤٧	١٢٧	٥٠.٧٩٩	١
	٣٤٠	٣٤٠	٤٦٥	١٤٧	١٢٧	٥٠.٧٩٩	٢
٥٩٠	٥٩٠	٤١٠	٣٧٠	١١٨	١٠١.٦	٧٦.١٩٩	٣
	٥٩٠	٤٠٠	٣٧٠	١١٨	١٠١.٦	٧٦.١٩٩	٤
٤٤٦	٤١٠	٣٣٥	٢٧٣	٧١.٥	٦٣.٥	١١.٤٣	٥
	٤٨٥	٤٨٥	٢٧٣	٧١.٥	٦٣.٥	١١.٤٣	٦



والخط البياني يبين ان قوة الكمرة تتغير بتغير العمق المؤثر اى كلما كان التسليح اعمق كانت الكمرة أقوى والتجربة تثبت ذلك ايضا. وكان للكمرة الثانية شرخ قبل التجربة ووضعنا الحمل فجأة ولذلك لم تكن قوتها هي الحقيقية لان تأثير الحمل الذى يوضع سريعا ضعف الذى يوضع ببطء وكان للصلاب دائما حمل امن اكبر من حمل الخرسان ولما كانت كل الكمرات كسرت بتأثير خضوع الصلب وليس بتأثير الضغط على الخرسان نستنتج من ذلك أن ما اعتبرناه كعامل للأمن لهذه الكمرات اكثر من الحقيقة وعليه فلو اعتبرناه عامل الامن سيكون ذلك أقرب للحقيقة

وقد اخذنا عدد من الكمرات لنبين عليها تأثير تسليح القص

القطري وكان بعضها مسلحا
والاخر غير مسلح

وكانت الكمرات في

كلتا الحالتين مكونه من

الخرسان المرطب المحلوط

بنسبة ١:٢:٥ وسمات عليها

التجارب بعد شهرين تحت

تأثير احمال وضعت في

المنتصف وكان طولها

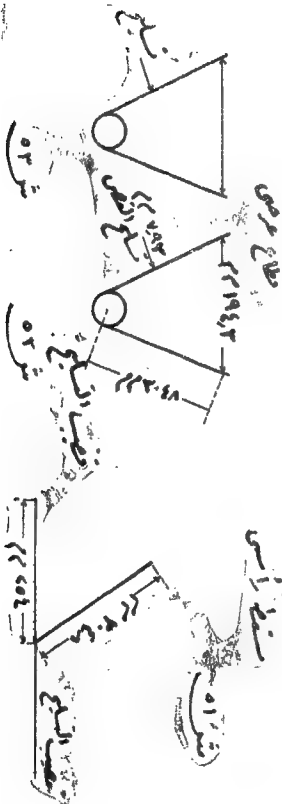
٢١٣٣٦ سم والنتائج مدونة

في الجدول الآتي نمرة ٤

والتسليح للقص يتركب

من قضيب قطره ٧٩٣ مم

وشكلة كاليمين بجواره



« جدول نمرة ٤ »

نمرة الكورة	قطر قضب الذائع منه	الحمل عند أول شرخ كج	القوة الحقيقية لكورة كج	ملاحظات
١	٩ر٥	٤١٠	٥٩٠	بدون تسليح أقصى
٢	٩ر٥	٣٩٧	٥٩٠	» » »
٣	٩ر٥	٥٦٠	٦٧٥	مساحة
٤	٩ر٥	٧٠٠	٧٠٠	»
٥	١٤ر٢٩	١٢٦٥	١٣٧٠	بدون تسليح
٦	١٤ر٢٩	١٢٦٠	١٤٧٥	» »
٧	١٤ر٢٩	١٥٥	١٠٤٠	مساحة
٨	١٤ر٢٩	١٦٦٥	١٦٧٠	»

متوسط قوة الكورتين نمرة ١٩ نمرة ٢ هو ٩٥٠ كجرام ومتوسط
قوة الكورتين نمرة ٣ نمرة ٤ هو ٦٨٧ كجرام وهما مساحتان ومن هذا
نستنتج ان المساحة للقص قوتها تزيد عن الغير مساحة للقص بمقدار
 $٦٨٧ - ٥٩٠ = ٨٧$ كجرام او $\frac{٧}{١٠} \times ١٠٠ = ٧٠ \%$

وكذلك متوسط قوة الكورتين ر٥ ر٦ هو ١٤٢٠ كجرام وقد
تبين لنا من التجربة ان قوة الكورة نمرة ٧ حقيقية وذلك ناشئ من
ان الحمل وضع عليها خجأة ولكن اذا قارنا متوسط قوة الكورتين نمرة
٦ و٥ وهو ١٤٢٠ كجرام لقوة الكورة نمرة ٨ وهي ١٦٧٠ كجرام
نستنتج ان التسليح للقص يزيد قوة الكورة بمقدار $\frac{٧}{١٠} \times ١٠٠ = ٧٠ \%$ عن قوة
الكورة الغير مساحة تسليحا للقص

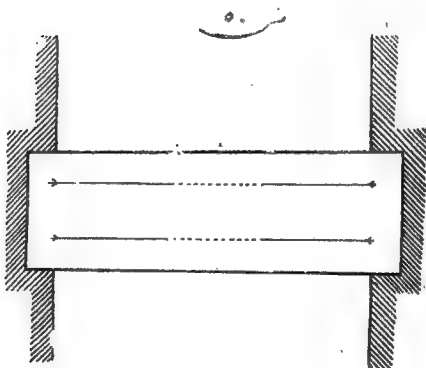
وعملت اعتاب لاجساد تأثر التسليح من اعلى واسفل

(الاعتبار ذوات المقطع الثلاثى المسلحة من اعلى واسفل)

نعم وان كان الخرصان فى حالة الضغط الا انه من المستحسن ان يكون هناك تسليح للشد والضغط فى العتب

وفى الاعتبار المثبتة فى الطرفين يكون العزم فى النهاية فى اتجاه يخالف اتجاه العزم فى الوسط ولذلك يعمل التسليح كما الشكل فى المابين

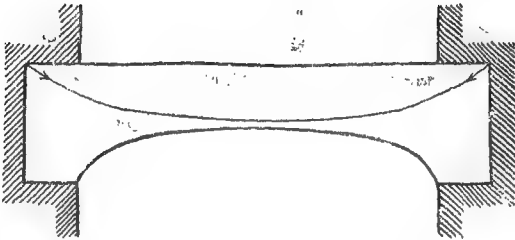
بعد : —



بشرط ان يكون التسليح فى النهاية بطول كافى يساعد على التماسك ومع ذلك فى الغالب يعمل التسليح العلوى من اول العتب لآخره . وكذلك فى الكمرات المرتكزة على نقطة نقط بوضع الصلب قى أعلى

ليأخذ الشد

ش ٥٥



ما في العقود المصنوعة من الخرسان فانها تسقط اما بحدوث شقوق في السطح الداخلى عند القمة او في السطح الخارجى عند ساقى العقد وعلى ذلك فأحسن طريقة لتسليح العقد هو كما مبين بعد ، ومع ذلك فارتفاع الحرارة يحدث شداً في القمة في السطح العلوى ولذلك عمل التسليح في كل العقد



حساب مقاومته اعتباراً من ثلثيه المقطع مساحة في أسفلها وأعلىها

في السطح العلوي عند القمة

الكمر ذو القطاع المثلثي المسلح في أعلا وأسفل التحليل

الفروض : — (١) لا يوجد شد في الخرصان . أما الصلب الذي في أعلا الكمر يساعد الخرصان في الضغط

(٢) الانحرافات الحادثة مفروض أنها تتغير طردياً مع المسافة من محور الجول باعتبار أن : ف = أكبر قوة للشد في الصلب

$$ق = » » للضغط » »$$

$$ف' = » » للشد » الخرصان$$

$$ن' = » » للضغط » » وي معامل المرونة$$

للصلب وي معامل المرونة للخرصان

من الشكل ١٥ نستنتج أن الانحراف في الخرمانه أعلا الكمره
الانحراف في الصلب

$$\frac{س}{ح} = \frac{س' - س}{ح' - ح} =$$

$$\frac{س}{ح} \times ح' = \frac{س'}{ح'} \times ح = \frac{س' - س}{ح' - ح}$$

$$(١٦) \quad \frac{س'}{ح'} \times ح = س \therefore س' - س = س \times \frac{ح' - ح}{ح}$$

$$\text{وكذلك} \quad \frac{س' - س}{س} = \frac{\frac{س'}{ح'}}{\frac{س}{ح}}$$

$$\therefore \frac{س' - س}{س} = \frac{س'}{س} \times \frac{ح}{ح'}$$

$$(١٧) \quad \therefore u = u_0 \left[\frac{1 - \epsilon}{s} \right]$$

$$\text{وكذلك } \frac{1 - \epsilon}{s} = \frac{u}{u_0}$$

$$\therefore u = f \left[\frac{1 - \epsilon}{s} \right]$$

ومن المعادلة (١٦) نستنتج أن

$$(١٩) \quad \frac{u_0 \times \text{حجم}}{s} = u$$

$$(٢٠) \quad u_0 = \frac{u}{f} \times f$$

وبتساوي التري الا فقيه المؤثرة في الكرة نستنتج أن شكل (١٦) باعتبار $u =$ نسبة مساحة الصلب في حالة الشد الى مساحة المقطع العرضي

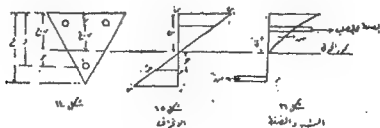
$u_0 =$ نسبة مساحة الصلب في حالة الضغط الى مساحة المقطع العرضي

$u =$ مساحة الصلب في حالة الشد

$u_0 =$ مساحة الصلب في حالة الضغط

$$(٢١) \quad f \times 1 = u \times 1 + v$$

$$(٢٢) \quad u = u_0 \times \frac{1 - \epsilon}{s} \times \left(\frac{u}{u_0} - \frac{v}{u_0} \right)$$



وفي هذه الحالة قد أهملنا طرح مساحة الصلب في أعلى الكرة من مساحة الخرسانة المضغوطة لأنها صغيرة جدا .

$$(٢٣) \quad \frac{E_s}{E_c} h = 1$$

$$(٢٤) \quad \frac{E_s}{E_c} h = 1$$

وبوضع قيمة s في المعادلة (٢١) نستنتج ان

$$(٢٥) \quad f \times \frac{E_s}{E_c} h = u \times \frac{E_s}{E_c} h + u \times \frac{E_s}{E_c} h \times \left(\frac{E_s}{E_c} - \frac{E_c}{E_c} \right)$$

(٢٥)

$$\therefore h \times \frac{E_s}{E_c} h + u \times \frac{E_s}{E_c} h = \left(\frac{E_s}{E_c} - \frac{E_c}{E_c} \right) u \times \frac{E_s}{E_c} h$$

$$h \times \left[\left(\frac{E_s}{E_c} - \frac{E_c}{E_c} \right) \frac{u^2}{2} + u \times \frac{E_s}{E_c} h \right] =$$

وباستبدال قيمة u من المعادلة (٢٠) و (١٨) تكون

$$h \times \left[\left(\frac{E_s}{E_c} - \frac{E_c}{E_c} \right) \frac{f^2 s^2}{2 E_c h^2} + \frac{1}{2} \frac{E_s}{E_c} f \right] =$$

$$\left[\left(\frac{E_s}{E_c} - \frac{E_c}{E_c} \right) \frac{f^2 s^2}{2 E_c h^2} + \frac{1}{2} \frac{E_s - E_c}{E_c} f \right] =$$

$$(s - d) \times h = (s - d) \times h$$

$$\left[\left(\frac{E_s}{E_c} - \frac{E_c}{E_c} \right) \frac{f^2 s^2}{2 E_c (s - d)^2} + \frac{1}{2} \frac{E_s - E_c}{E_c} f \right] = h \times$$

(٢٦)

و بمعرفة h و h_1 يمكننا استخراج قيمة s و
وبذلك يمكن تعيين محور الحمل .

ويمكن كتابة المعادلة رقم (٢٦) كالآتي

$$h(h-s) = e^2 = h_1(s-e) + n^2 + s^2 \left(\frac{e}{h} - \frac{e}{h_1}\right)^2$$

وقد سبق أن بينا في الجزء الاول ان (ل) وه البعد بين مركز
الضغط في البخر صانه ومحور الحمل تساوى

$$l = \frac{e - \frac{e}{h}}{\frac{e}{h} - \frac{e}{h_1}} \times s$$

فاذا اخذنا العزوم حول مركز الشد في الصلب ينتج ان

$$عزم المقاومة = h \frac{e}{h} n (h+s-e) + s (h+l)$$

$$= h \frac{e}{h} n (h+s-e) + q \frac{e}{h} \left(\frac{e}{h} - \frac{e}{h_1}\right) (l+h)$$

وبالاستبدال عن الكمية q بالكمية q_1 ينتج ان

$$عزم المقاومة = h \frac{e}{h} n (h+s-e) + q_1 \frac{e}{h} \left(\frac{e}{h} - \frac{e}{h_1}\right) (l+h)$$

$$= q_1 \left[h \frac{e}{h} n (h+s-e) + \frac{e}{h} \left(\frac{e}{h} - \frac{e}{h_1}\right) (l+h) \right]$$

$$= q_1 s e^2 \left[\frac{1}{h} (h+s-e) + \left(\frac{e}{h} - \frac{e}{h_1}\right) \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{h_1}\right) \right] (l+h)$$

$$[(l+h)]$$

واذا اخذنا العزوم حول مركز الضغط في الصلب ينتج

$$عزم المقاومة = h \frac{e}{h} f (d-e) - s (s-l-e)$$

$$= h \frac{e}{h} f (d-e) - \frac{e}{h} \left(\frac{e}{h} - \frac{e}{h_1}\right) (s-l-e)$$

$$= \text{ف س ع}^2 \left[\text{ه} \frac{(\text{ع} - \text{و})}{\text{ع}^2} - \frac{\text{س}^2}{\text{ع}^2} - \left(\frac{\text{س}}{\text{و}} - \frac{\text{ع}}{\text{و}} \right) (\text{س} - \text{ل}) \right]$$

$$= \text{ف س ع}^2 \left[\text{ه} \frac{(\text{ع} - \text{و})}{\text{ع}^2} - \frac{\text{س}^2}{\text{ع}^2 (\text{س} - \text{و})} - \left(\frac{\text{س}}{\text{و}} - \frac{\text{ع}}{\text{و}} \right) (\text{س} - \text{ل}) \right]$$

(٢٩) $[\text{ع} - \text{ل}]$

ثم نأخذ العزوم حول مركز الضغط في الخرصانه ينتج

عزم المقاومة = $\text{ه} \frac{\text{س}^2}{\text{و}} (\text{ل} + \text{و}) + \text{ق} \frac{\text{س}^2}{\text{و}} (\text{س} - \text{ل} - \text{و})$

وبالتعويض عن و ينتج

عزم المقاومة = $\text{ه} \frac{\text{س}^2}{\text{و}} \times (\text{ل} + \text{و}) + \frac{\text{و}}{\text{ع} - \text{و}} (\text{س} - \text{ل} - \text{و}) \text{ه} \frac{\text{س}^2}{\text{و}}$

(س - ل - ع)

$$(٣٠) \left\{ \frac{(\text{ع} - \text{ل} - \text{و})}{\text{ع}^2} \text{ه} + \frac{\text{و}(\text{ل} + \text{و})}{\text{ع}(\text{ع} - \text{و})} \right\} \text{ه} \frac{\text{س}^2}{\text{و}} =$$

ولكن $\text{و} = \text{س} - \text{ل}$

فتصير المعادلة (٣٠) كالآتي

$$\text{عزم المقاومة} = \text{ه} \frac{\text{س}^2}{\text{و}} \left[\frac{\text{ل} + \text{و}}{\text{ع} - \text{و}} + \frac{\text{و}(\text{ل} + \text{و})}{\text{ع}(\text{ع} - \text{و})} \right]$$

(٣١)

ولنبداً الآن يعتبر ذو قضيب من فئة ١٩ر٠٥م عند ٥٠ر٧٩م
من الاسفل وقضيب آخر من فئة ١٩ر٠٥م عند ٤ر٢٥م من اعلا العتب

$$\text{ه} = ٠١٥٨ \quad \text{و} = ٠١٥٨$$

أى اننا سنستعمل تسليح متساوى في اعلا واسفل العتب

فاذا استعملنا المعادلة (٢٩) لتعيين محور الجمول ينتج

$$= 2(1778)(u - 177)10$$

$$2u^2 + 12 \times 2(1778)(208 - u) = 2$$

$$\left(\frac{u}{2} - \frac{17778}{2}\right)$$

$$2 \times 2 + 12 \times \left(\frac{17378}{2} \right) (208 - 2) = \left(\frac{2}{1} - \frac{17378}{2} \right)$$

$$s = 4572 \text{ mm}$$

$$\text{مس ۳۱۰} = ۴,۵۷۲ \times \frac{۴,۵۷۵ - ۱۷,۷۸ \times ۴}{۴,۵۷ \times ۲ - ۱۷,۷۸ \times ۶} = ۷$$

والآن باستعمال المعادلة (٢٨) ينتج

عزم المقاومة = ١٦٦٥٠ ك جرام سم

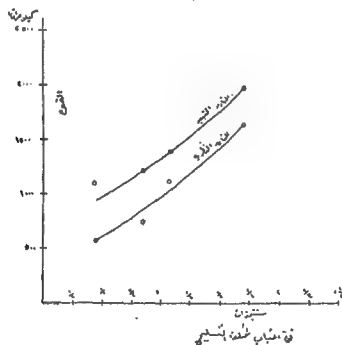
وعزم الانحناء المسبب لضغط الخرسانة $= 1660 \times 0 = 83200$

ك جرام سهم

وباستعمال المعادلة (٢٩) ينتج

عزم المقاومة = ٣٩٧٥٠ كجرام سم

وعزم الانحناء المسبب لتسليم الصلب = ١٢٥٥٠٠ كجرام/سم



وباستعمال معادله (٣١) بعد إيجاد قيمة n من المعادلة

$$n = n - \frac{E}{S}$$

لان الصلب يعمل مع الخرسانة في جزء الكرة المستعمل للضغط وعليه يكون له نفس التحريف

وعليه من معادله (٣١) عم = ٤٤٦٠٠ ك س م

وعزم الانحناء المسبب للسقوف = ٧٧٧٠٠ ك س م

ثم تأخذ كميات اصغر عزم من العزوم ١٣٢٥٠ و ١٢٥٠٠

٧٧٧٠٠ والجمل القاطع $\frac{1 \times 17200}{8} = 3950$ كيلو جراما

كميات كميات من الخرسانة بنسبة ١ : ٢ : ٥ رخوه واختبرت بعد

شهرين بحمل في وسطها على طول ٢١٣٣٦ س م

وكانت الكميات ذات قطاع مثلثي ٢٠٣ × ٢٠٣ × ٢٠٣ س م

وطولها ٢٤٣٨ س م باطراف مستطيلة الشكل والنتائج مبينة في

جدول ٥

(جدول ٥)

نمرة الكبرة	قطر التسليح في الاعلى	قطر التسليح في الاسفل	القيمة في التسليح المتوسطة	القيمة في المحسوب في الوسط	وضع محور الكبرة عند اول شرج	القوة الفعلية للكبرة عند اول شرج	العمل الفعلي المسبب للكسر
١	٥٥	٥٥	٢٢	٥٦٠	٣٢٣	٥٧١	٧٥٠
٢	٥٥	٥٥	٢٢	٥٥٠	٣٢٣	٥٣٥	٩٣٥
٣	٥٥	٥٥	٢٢	٥٥٠	٣٢٣	٥٣٥	٩٣٥
٤	٥٥	٥٥	٢٢	٥٥٠	٣٢٣	٥٣٥	٩٣٥
٥	٥٥	٥٥	٢٢	٥٥٠	٣٢٣	٥٣٥	٩٣٥
٦	٥٥	٥٥	٢٢	٥٥٠	٣٢٣	٥٣٥	٩٣٥
٧	٥٥	٥٥	٢٢	٥٥٠	٣٢٣	٥٣٥	٩٣٥
٨	٥٥	٥٥	٢٢	٥٥٠	٣٢٣	٥٣٥	٩٣٥

على الصفحة المقابلة ترى منحنيا يبين العلاقة بين مقدار التسليح والقوة ومنه ترى ان القيم الفعلية تزيد ٢٠ ٪ تقريبا عن القيم المحسوبة بينما الاحمال التي حصل عندها الشق الاول هي تقريبا نفس القوة المحسوبة للكبرة

(مقارنه بين الاعتاب)

(أ) الاعتاب المسلحة بأسفلها

(ب) الاعتاب المسلحة بأسفلها واعلاها

جدول (٦)

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
قطر النسيج السنطلي	قطر التسليح بالملمى	نسبة التسليح المئوية	القوة الفلية	القوة المتوسطة	زياده القوة فى اعلى ب	نسبة الزيادة لثوية فى القوة
٩٥	٢٢ صفر	٣٨٩	٦٧٥	٦٧٧	ب	
٩٥	» ٠٠	٣٨٩	٦٨٠	٦٧٧	ب	
٩٥	» ٩٥	٧٧٨	٧٤٧	٨٣٩	١٦١	٢٣٧٪
٩٥	» ٩٥	٧٧٨	٩٣١			
١٢٧	» صفر	٧١	١٠٢٠	١٠٠٢	ب	
١٢٧	» ٠٠	٧١	٩٨٥			
١٢٧	» ١٢٧	١٢٤٢	١٢٢٠	١١٨٠	١١٥	١٩٤٪
١٢٧	» ١٢٧	١٢٤٢	١١٤٠			
١٤٢٩	» صفر	٠٨٩	١٠٤٠	١٣٥٥	ب	
١٤٢٩	» ٠٠	٠٨٩	١٦٧٠			
١٤٢٩	» ١٤٢٩	١٢٧٨	١٤٢٠	١٢٥٥	١ صفر	صفر٪
١٤٢٩	» ١٤٢٩	١٢٧٨	١٢٩٠			
١٩٠٥	» صفر	١٥٨	٢٠٤٠	١٩١٠	ب	
١٩٠٥	» صفر	١٥٨	١٧٨٠			
١٩٠٥	» ١٩٠٥	٣١٦	١٨٣٠	١٩٢٥	١٥	٣٥٪
١٩٠٥	» ١٩٠٥	٣١٦	٢٠٢٠			

ويلاحظ في الخانة (٧) من الجدول (٦) ان الزيادة في القوة
برغم تضعيف التسليح هي ٢٣ و ٧٪. ١٩٤٢ في التسليح الخفيف
وليس هناك أى زيادة في التسليح ذى الحجم ٣٨٠ ر ٢٥ مم كما ان
الزياد في الكرات ذات التسليح الثقيل هي ٣٥ ٪ فقط
نم أجريت نجارب لاييجاد تأثير وضع قضيب التسليح عند مركز

ثقل القطاع

الكرات	١	٢	٣	٤	٥
١ قطر التسليح	٢٥٤	٢٥٤	٢٥٤	١٢٧	١٢٧
٢ نسبة التسليح المغمورة الى مساحة الخرسانة	٥٦٨	٥٦٨	٥٦٨	١٤٢	١٤٢
٣ عمق المحور الجول عن قمة الكرة	٣٩٦٢	٣٩٦٢	٣٩٦٢	٢٥٦٥	٢٥٦٥
٤ قوة التحمل المحسوبة	١٠٧٥	١٠٧٥	١٠٧٥	٩٥٠	٩٥٠
٥ اول التفتق	٥٧٢	٨٠٠	٢٨٤	١٨٤	٢٠٤
٦ اول التفتق عند الحمل الداعي	٨٦٣	١٢٨٠	٩٤٠	٣٩٠	٤١٨

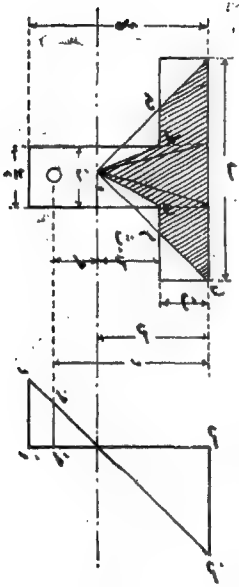
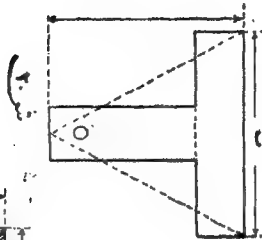
كرات موضع قضيب
التسليح بها عند مركز
ثقل قطاعها

كانت الكرات تعمل
من ١ : ٢ : ٥ من الخرسانة
الرخو ونجرب بعد مصى
شهرين بالتحميل على منتصفها
على طول قدره ٢١٣٣ مم
ونلاحظ أن الثلاث
كرات الاولى تعطينا
متوسطا قدره ١٠٢٨ كجرام
بينما تعطينا الرابعة والخامسة
متوسطا قدره ٤٠٤ كجرام

كما نلاحظ ايضاً أنه بالرغم ثقل تسليح كل من الثلاث كمرات الاولى
يبلغ أربعة أمثال ثقل تسليح كل من الكرتين الرابعة والخامسة نجد
ان نسبة مقواه ليست إلا $\frac{28}{100} = 0.28$ والشباب هو وضع قضيب
التسليح عند مركز الثقل ليس من الصواب الا اذا استعملت الاعتاب
كدرج السلم

(المقارنة بين الكمرات المثلثية والكمرات ذات المقطع T)

لقد شرحنا آنفا كيفية تحليل الكمرات المثلثية . والان نأتى على
ذكر تحليل الكمرات ذات المقطع T فنقول
نعرض ان الكمرات كلها ذات عرض متساو من اعلا وتعرض
أيضا ان عمق الكمرة T $=$ عمق الكمرة المثلثية المقطع Δ $=$
مساحة الصلب



محل قرار

$$\frac{\text{وحدة الضغط على وحدة المساحة}}{\text{معامل المرونة للخرسان}} = \frac{\text{وحدة الشد على وحدة المساحة}}{\text{معامل المرونة للصلب}}$$

ولنفرض أن $\epsilon_c =$ اكبر قيمة لقوة الضغط (على وحدة المساحة) للخرسان

$$\epsilon_c = \dots \dots \dots \text{ الشد } \dots \dots \dots$$

$$\epsilon_c = \dots \dots \dots \text{ الضغط } \dots \dots \dots \text{ للصلب}$$

$$\epsilon_c = \dots \dots \dots \text{ الشد } \dots \dots \dots$$

$$\epsilon_c = \dots \dots \dots \text{ معامل المرونة للصلب}$$

$$\epsilon_c = \dots \dots \dots \text{ للخرسان}$$

$$\epsilon_c = \dots \dots \dots$$

$$\epsilon_c = \epsilon_c \times \frac{1}{\epsilon_c} \dots \dots$$

$$\frac{\epsilon_c}{\epsilon_c} = \frac{1}{\epsilon_c} \dots \dots$$

$$\frac{1}{\epsilon_c} \times \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c} \times \epsilon_c \times \frac{1}{\epsilon_c} = \dots \dots$$

$$\dots \dots = \dots \dots$$

$$= \frac{1}{\epsilon_c} \times \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c} = \frac{1}{\epsilon_c} \dots \dots \frac{1}{\epsilon_c} \times \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c} = \frac{1}{\epsilon_c} \dots \dots$$

$$\frac{1}{\epsilon_c} \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c} \right)$$

$$\frac{1}{\epsilon_c} \times \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c} = 1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c} \dots \dots$$

$$\frac{1}{\epsilon_c} \times \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c} + 1 = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c} \dots \dots$$

(٣٣)

$$\frac{1}{\epsilon_c} \times \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c} \times 1 \dots \dots$$

$$ل = \frac{1}{3} \left\{ \frac{٤س٣ - ٢(س - ث)٢}{٢س٢ + ٢ث - ٢س٣} \right\} \quad (٣٦)$$

ولنفارن الان قضيتي ٧ - م جدول ٢ بقضيب T بنفس التسليح والارتفاع والمرض الاعلا فالقضبان ٧ و ٨ جدول نمرة ٢ يعطيان متوسط $\frac{1}{3}(٢٠٤٠ + ١٧٧٠)$ لك جراما أي ١٩٠٥ كيلو جراما وحيث ان التسليح وعزم المقاومة واحدة في كلا الحالين

(١ + م) أي بعد مركز الصلب من مركز الضغط في الخرسانة لا بد ان يكون نفس البعد (ل + م) في المقطع المثلثي للقضيب في هذه الحال $١٠.٩٢ = س + م$ وباستعمال معادلة نمرة (٣٦) نجد

$$ل = \frac{1}{3} \left\{ \frac{٤س٣ - ٢(س - ث)٢}{٢س٢ + ٢ث - ٢س٣} \right\} + م = ١٠.٩٢ \quad (١) \quad سم$$

$$ولسكن م = و = س = ٥$$

$$١٢.٠٨ سم + \left\{ \frac{٤س٣ - ٢(س - ث)٢}{٢س٢ + ٢ث - ٢س٣} \right\} \frac{1}{3} = ١٠.٩٢ سم \quad (١)$$

الضغط الكلي = الشد الكلي

$$\text{مجموع الضغط القاطع في القضيب المثلثي المقطع} = ٢٨١٢٥ \times ٥ = ١٤٠٦٥٠ = ٥ \times ١٢٧٥ = ٦٣٧٥ \text{ لك جرام وباعمال معادلة نمرة ٣٤ نجد}$$

$$١٢٧٥ = \left\{ \frac{٢٠٣ \times ١٢٣٠}{س٤} \right\} + س٢ + س٢ \quad (٢)$$

$$٢٠.٤ = س٤ + \frac{١٢٧٥}{٢٠.٣ \times ١٢٣} + س٢ + س٢ \quad (٣)$$

$$= \text{س} - \sqrt[3]{2 \text{ س}^2 - 20.4 \text{ س}}$$

وبتعميد مقدرات بما يساويه في معادلة (هـ)

$$\therefore 4 \text{ س}^3 - 2 (2 \text{ س}^2 - 20.4 \text{ س}) + 113 \text{ س} -$$

$$112 \text{ س}^2 = \text{صفر}$$

ولنضع مقادير تساويها س

$$\text{وايكن س} = 4 \text{ س}^3 - 2 (2 \text{ س}^2 - 20.4 \text{ س}) + 113 \text{ س} +$$

$$\text{س} - 112 \text{ س}^2$$

$$\therefore \text{س} = 6223 \text{ سم تحقق المعادلة}$$

$$\therefore \text{س} = 6223 - 2292 = 3931 \text{ سم}$$

$$\therefore \text{مساحة مقطع قضيب } T = 211218 \text{ سم}^2$$

واقرب وزن لهذا القضيب $T = 131$ ك جراما

والقضيب المثلثي المقطع وبنفس القوة وزن 112 ك جراما أى

0.85 من وزن قضيب T وظاهر من شكل 24 أنه باستعمال القضيب

المثلثي المقطع تقل المساحة المظلة وبنفس الطريقة

(1) قضيب مثلثي المقطع بـ 15 سم قطر و 90 سم وعلى بعد

$$50799 \text{ مم من القاعده}$$

لذلك تستعمل معادلات 6 و 7 ..

مساحة القضيب T المعادل وبنفس القوة تساوى 12 ر 196

سم² ووزنه = 121 ك جراما مع أن وزن المثلثي المقطع = 112 ك جراما

(ب) كمر مثلثي القطاع به قضيب 29 ر 14 مم على بعد 50779

من القاعدة وفي هذه الحالة تكون مساحة الكمر المكافئ ذو قطاع على

$$\text{شكل (2)} 19870 \text{ سم}^2$$

ووزنه ١٢٤ كيلو جراما وبمقارنة بالمقدار ١١٢ كيلو جراما في حالة
الكر ذو القطاع المثلثي نجد أن هناك وفرا قيمته ١٢ كيلو جراما
من هذا نجد أن هناك وفرا في اختيار كميات مثالية القطاع فوق
درجات ذات قطاع على شكل T
المقارنة بين الكرات المثالية القطاع والكرات المستطيلة القطاع
لايجاد العرض لكر مستطيل القطاع يساوى في العمق والقوة ككر
مثلثي القطاع .

تحليل الكر المستطيل القطاع شكل (١٥) .

مفروضات : —

- (١) ان الصلب يتحمل جميع قوة الشد
 - (٢) أن الجهد متناسب مع مقدار التحريف في الخرسان
 - (٣) أن الجهد ثابت في التسليح
- نجد من شكل ٢٦ أن

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{s} \frac{z}{z}$$

ولكن س س ١ هو مقدار التحريف في الخرسان

م ز ز ١ هو مقدار التحريف في الصلب

$$\frac{\text{الجهد}}{\text{معدل المرونة}} = \text{التحريف}$$

$$\text{نجد } \frac{1}{s} = \frac{1}{s} = \frac{1}{s} \frac{z}{z} = \frac{1}{s} \frac{z}{z}$$

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{s} \times \frac{1}{z}$$

$$\text{نفرض أن } \frac{1}{s} = \frac{1}{s}$$

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{s} \times \frac{1}{z}$$

(۱) $\frac{10}{3} \times ۳ = ۱۰$ ∴

واکنس = $1 - \frac{1}{10} = \frac{9}{10}$

$$(2) \frac{1}{10N+1} = \dots$$

نجد من شكل (۲۷)

أن جميع الضغط في الخرسانة = م = جميع الشد في الصلب

$$\frac{5}{6} \times \frac{2}{3} = \frac{5}{9}$$

$$(3) 1 \times 2 = \frac{5}{2} \times \frac{2}{5}$$

ولكن $\frac{12}{5} = \frac{12}{5}$

$$\frac{1}{2} = \frac{5}{10}.$$

و = و

$$s - n(u - s) \frac{1}{2}$$

$$12(s-9)u = 2s2$$

$$(2) \therefore = 12 \times 100 + 12 \times 100 - 200 =$$

$$2 \times 90 - 2 + 1^2 \times 90 \sqrt{2} + 1 \times 90 - = 0 \therefore$$

$$\bullet \quad \left\{ 1 - \frac{4r}{n} + 16 \right\}^{1/2} =$$

لايجاد عزم المقاومة

نزم المقاومة = $\left(\frac{2}{3} S + H \right)$ بالنسبة لمركز الشد

إيضاً عم $s = \left(\frac{2}{3} s = m\right)$ » الضبط

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 0$$

∴ عزم المقاومة = $u \frac{\sigma}{r} \left(\frac{2}{3} s + h \right)$ (٦)

(٧) » $(-1 + \sqrt{\frac{2}{3}})^{1/2} =$ » أيضا

والان نأخذ ثلاث اعتاب ذات قطاع مثلثي ومختلفي التسليح
ونوجد الاعتاب المماثلة ذات القطاع المستطيلي ولها نفس التسليح
والعمق والقوة كالمثلثية القطع

(١) ولناخذ عتبا ذا قطاع مثلثي بقضيب قطره ٩٠ مم على
مسافة ٧٩٩ و ٥٠ مم من الحافة السفلى وقد وجدنا سابقا لهذا العتب
ان المسافة بين مركز الضرب ومركز الضغط هي ١١٩٦٤ سم وحينئذ
 $\frac{2}{3} \text{ س} + \text{ح} = ١١٩٦٤$

$$\text{ح} = ٣٣٢٧ - \text{س}$$

$$\frac{1}{3} \text{ س} = ١٠٦$$

$$\therefore \text{س} = ٣١٨ \text{ سم}$$

$$\text{س} = \frac{2}{3} \text{ س} \quad (٨)$$

$$\text{س} \times ١ =$$

$$= ١٩ \times ٢٢٤٠ \times ٧١ \text{ دسم}^٢$$

$$= ٢١٣٠٠٠ \text{ ك جرام}$$

حيث أن ٣٠٠٠ ك جراما حمل التسليح على السنتيمتر المربع للصاب

٧١ و ٥٠ سم^٢ هي مساحة قضيب قطره ٩٠ مم

فترض $\text{س} = ١٢٣$ ك جراما على السنتيمتر المربع كما وجدنا في

كتل من نفس مادة الاعتاب تدريجيا وعمرا

$$\therefore \text{س} = \frac{٢ \times ٢١٣٠}{٣ \times ١٨} = ١١٩٤ \text{ سم}$$

ومن (٨) تكون مساحة قطاع العتب المستطيل الشكل ١١٩٤ ×

$$١٧٧٨ = ٣٠٠٠ \text{ سم}^٢$$

..... المثلثى $\therefore ١٠٠٠ \times ١٧٧٨ = ١٨٠ \text{ م}^٢$
 وخينثذ فلدينا وفر قدره $٢٣٣٠ \text{ م}^٢$ وفي عتب طولة ٢٢٤٣٨
 مترا يكون لدينا وفر قدره ١٤ ك جراما ثانيا لنا خذ عتبا بقضيب
 ٢٩٢٩ مم قطر لكي نوجد عتبا مستطيلا مكافئا له في المقارنة

$$\frac{٢}{٣} \text{ م} + \text{ح} = ١١٠٥ \text{ م}$$

$$\text{ح} = ٦٢٧ \text{ م}$$

$$\frac{١}{٤} \text{ م} = ١٦٥$$

$$\text{م} = ٤٩٥ \text{ م}$$

$$\text{م} = \text{م} = ١٠٦١ \times ٣٠٠ = \frac{٤٨٣٠ \times ١٢٣}{٤٩٥} = ٤٨٣٠$$

ك جرام

$$\text{م} = ١٥٨ = \frac{٢ \times ٤٨٣٠}{٤٩٥ \times ١٢٣}$$

$$\text{مساحة قطاع هذا العتب} = ١٧٧٨ \times ١٥٨ = ٢٨٢ \text{ م}^٢$$

$$\text{» عتب مثلى} = ١٨٠ \text{ م}^٢$$

فلدينا وفر قدره

ويكون وزن العتب المستطيل $= ١٧٣$ ك جراما وبمقارنة هذا
 الوزن بالوزن ١٤٢ كيلو جراما (وهو وزن عتب ذى قطاع مثلثى
 فكافى له) يكون هناك وفر قدره ٦١ كيلو جراما

ولنأخذ مره ثالثة عنا بقضيب قطره ١٢٧٧ م على مسافة ٧٩٩
 م من الاسفل

$$\frac{٢}{٣} \text{ م} + \text{ح} = ١١٠٤ \text{ م} \therefore \text{ح} = ١٢٧ \text{ م}$$

$$\frac{١}{٤} \text{ م} - \text{ح} = ١٠١٣ \text{ م} \therefore \text{ح} = ٣٩٩ \text{ م}$$

وعليه فالوفر قدره ٥٧٠ كيلو جراما باستعمال عتبات ذات
قطاع مثلثي

وتحتاج الكرة الى ١٦٣ كيلو جراما من الاسمنت

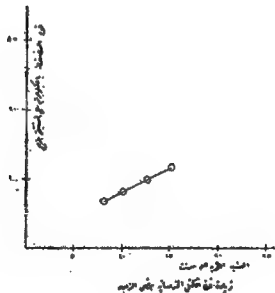
و ٣١٣ » » الامل

٨٥٥ » » الزلط

٩١ » » الماء

والواجب في عمل الخرصانه المسلحة أن يعمل المخلوط بنسب
الوزن لا ينسب الاحجام

« الاعمدة »



يبين الجدول الاتي (١) قوة المدة ذات مقطع مثلثي الشكل طول

أضلاعه ٢٠ ر ٣ × ٢٠ ر ٣ × ٢٠ ر ٣ بنسبة ١ : ٢ : ٥

نسبة الطول الاقل من ابعاد القطاع	القوة	طول العمود
٤	١٥٤٠٠ ك جرام	٧٨٠٧٤ سم
$\frac{٦}{٧}$	١٣٧٥٠ ك جرام	١١١٠٧٦ سم
$\frac{٧}{٧}$	١٢٠٠٠ ك جرام	١٣٢٢١ سم

والنتيجة من الجدول السابق هي انه كلما كبرت نسبة طول العمود الى اقل بعد من المقطع قات قوة ذلك العمود والاعمدة القصيرة التي لا تتجاوز نسبته طولها الى اقل بعد من ابعاد مقطعها ٦ مرات يمكن اقامتها من الخرسان العادي على شرط ان يكون الثقل مركزي واما الاعمدة التي تزيد فيها نسبته الطول عما تقدم يجب تسليحها ليسهل بناؤها ولكميته ان تتاوم ما عساه يحدث معه الانتقال غير المركزية والصدمات انفجائية

والتسليح ضروري في حالة الاعمدة التي تنقل من جهة لوضعها في جهة اخرى وذلك تجنب اي شدة في الخرسان لضغط تلك القوة فيه والخرسان ولو انه يقاوم الضغط الا أنه $\frac{1}{3}$ من قوة مقاومة الصلب وعلى ذلك فقدار حجم عمود خرسان عادي يتحمل تقلا يتحمله عمود صلب متساوي الطول هو $\frac{1}{3}$ مرة صحيحة الصلب ولكن

من جهة اخرى تكاليف حجم مخصوص من الخرصانة = $\frac{1}{2}$ من تكاليف ذلك الحجم من الصلب وبناء على ذلك نفقة عمود من الخرصان الى نفقة عمود من الصلب تحمل نفس الحمل هي نسبة ٤ : ٥ .
ولا يخفى علينا ان في بعض المباني يجب استخدام اعمدة تشغل فراغا صغيرا حرصا من ضياعا مسافة كبيرة تكون ذات قيمة فيمكن اذن استخدام اعمدة الصلب أو الخرصان المسلح
دلت التجارب التي اجريتها سنة ١٩١١ — ١٩١٢ أنه كلما زادت نسبة الاسمنت في الخرصان زادت قوة للضغط — والجدول الاتي بين نتائج التجارب

نمبة الاسمنت	مقاومة الضغط بعد ١٤ يوما على السنتيمتر المربع
٨ %	٦٢٨
١٠ %	٧٩٥
١٢ $\frac{1}{4}$ %	٨١٠
١٥ %	١١٥٥

وهذا يدل على ان زيادة نسبة الاسمنت واسطة فعالة في تقوية الاعمدة وذلك يسمح لتقليل مقطعها

« حساب الاعمدة »

نفرض E ج الحمل على العمود

$$ل = طول العمود$$

$$ا = مساحة الخرصانه$$

$$ا = المساحة الكلية للعمود$$

$$ا = المساحة الكلية للصلب$$

$$ب = وحدة الضغط في الخرصانه$$

$$ن = » » » الصلب$$

$$\frac{ن}{ب} = نسبة معامل المرونة للصلب$$

$$\frac{ن}{ب} = معامل المرونة للخرصانه$$

$$هـ = نسبة الصلب لمساحة العمود$$

$$ب = وحدة الحمل على العمود$$

ونفرض ايضا التماسك بين الصلب والخرصانه كاف لمنع الانزلاق

الصلب والخرصانه يعملان معاً ويكون لهما انزلاق واحد

$$نقترض ل = مقدار النقص في الطول$$

$$ن . ل = يكون الانحراف$$

$$\frac{ن}{ل} \times ب = ب$$

$$\frac{ن}{ل} \times ن = ن$$

$$ن = \frac{ن}{ل} \times \frac{ل}{ب} \times \frac{ب}{ن} = \frac{ن}{ب}$$

$$ن . ل = ن (١) (١)$$

وعلى ذلك اذا كان (ع) هو حمل الامن الذي يحمله العمود

$$ع . ل = ن (١) + ن (٢)$$

$$ع . ل = ن (١ + ٢) (٢)$$

وبوضع $1 = 1$ هـ

$$(1 + 1) 1 = 2 \therefore$$

و $2 =$ وحدة الضغط على العمود

$$\frac{(1 + 1) 1}{1} = \frac{2}{1} =$$

ولكن $1 + 1 = 2$

$$\left\{ 1 + \frac{1 - 1}{1} \right\} 1 = 2 \therefore$$

$$(1 + 1 - 1) 1 =$$

$$[(1 - 1) + 1] = \dots \dots (ح)$$

ولابحاد وحدة التماسك بين الصلب والخرسان

ليكن 1 الحمل الذى يحمله الصلب و 2 الحمل الذى تحمله الخرسانه

\therefore الفرق بين 1 و 2 هو الذى يحمله التماسك بين الصلب

والخرسان

لتكن 1 سطح التماسك

$$\therefore \text{وحدة التماسك} = \frac{12 - 22}{1}$$

والمساحة المؤثرة المستعملة فى تقدير حمل الامن الذى يحمله

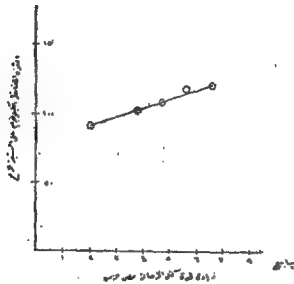
العمود تكون عادة أقل من المساحة كلها ليكون هناك سمك معلوم

قدره 4 سم تقريباً وقاية من النار لان الخرسانه فى هذا العمق اذا

كانت في نار شديدة ربما تتأثر بالحرارة وتضيع قوتها ويمكن أن يسمع
بسمك أقل من ٤ س م اذا كانت محتويات البناء غير قابلة للانتهاب
وقد عملت كتل من مخلوط بنسبة ١:٢:٥ ومن قوام ربط لايجاد
زيادة القوة مع تعاقب الزمن

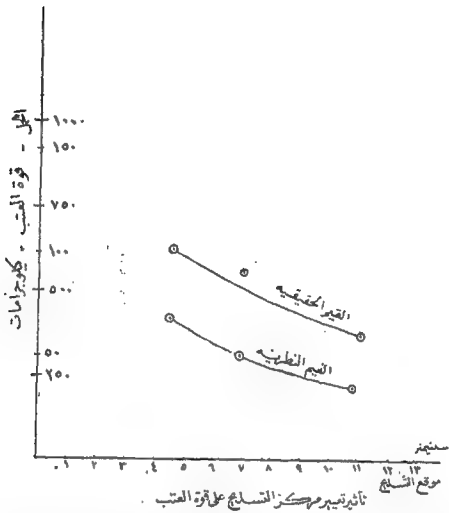
والمقادير المتحصل عليها من هذه التجارب استعملتها في حساب
الاعمدة والاعتاب

كان مقياس بعض الكتل ١٢ ر ٥ س م \times ١٢ ر ٥ س م \times ١٥ س م
والبعض الآخر على شكل اسطوانة قطرها ٧ ر ١٣ س م وارتفاعها
١٥ س م



تجارب التماسك

الاسطوانات التي قطرها ١٥ س م وطولها ٣٠ س م ملئت بالخرسان
بنسبة ١:٢:٥ وفي وسطها سيخ قطره ١٠ ر ١٩ س م من منتصفها كما
هو مبين بالشكل :



العمر	المقاومة للضغط كجرام على السنتيمير المربع	ملاحظات
اسبوعان	٩٢٧	متوسط اربع كتل
٣ اسابيع	٩٨٥	» »
» ٤	١٠٢٥	» »
» ٥	١٠٨٠	» »
» ٦	١١٧٥	» »
» ٧	١٢١٠	» »
» ٨	١٢٤٠	» »

اى ان المقاومة للضغط تزداد مع الزمن لحد معين

الاعمدة القصيرة الخالية من التسليح

هذه الاعمدة ثلاثية القطع $20.3 \times 20.3 \times 20.3$ سم طوطا 0.7 سم وعملت بنسبة $1:2:4$ من الخرسانة . وقد حسبت مقاومتها عند اعمار مختلفة والمواد القصير وزن 30 ك جراماً

ملاحظات	مقاومة ايضا غطة لاكتيل ك جرام على السنتيمتر المربع	وحدة الاتقال ك جرام على السنتيمتر المربع	الاتقال بالكيلو جرام ك	المسر يوماً	تربة المود
اقل من المتاد	١٢٤٠٠	٩١٠	١٦٩٤٠٠	٦٠	١
	١٢٤٠٠	٦٣٣٠	١١٣٣٠٠	«	٢
		٨٠٠٠	١٤٩٤٥٠	« ٤٥	٣
	١١٧٠٠	٧٨٢٠	١٤٩٢٥٠	«	٤
		٧٥٠٠	١٣٩٤٥٠	« ٣٠	٥
	١٠٢٥٥	٧٧٣٠	١٣٩٠٠٠	«	٦
		٤٧٣٠	٨٥٥٠	« ١٥	٧
	٩٣٢	٥٣٤٠	٩٧٠٠	«	٨

كل هذه الاعمدة كسرت عند الطرف الاعلى عند ما اجريت عليها التجارب واخذت الشكل الاتي:

حساب قوة الاعمدة

عمود طوله ٢٤٤ مترًا مقطعه مثلث متساوي الاضلاع ضلعه ٢٠.٣ سم وضع داخله قضيب قطره ٣١.٨ مم بحيث يقع في مركز قله سبق وجدنا ان $u = 2$ $v = 1$ [$1 + (u - 1)$] 0.0 (ح) كما ايضاً وجدنا سابقاً $u = 1$ وحده الضمط للخارصان وقيمها ١٢٣ ك جرام سهم^٢ وهذه القيمة مأخوذة من التجارب واذا فرضنا أن الصلب والخارصان يعملان معاً حتى يتكسر الخارصان

$$u = 2 \quad v = 1 \quad \text{كما وجدنا سابقاً}$$

$$\text{فاذا كان } u = 1 \quad v = 1 \quad 123 = 1.0 \quad u = 1.23 \quad 1.0$$

$$= 185 \quad \text{طناً على السنتيمتر المربع حتى لو كانت } u = 2.0$$

فان $u = 1.23 \times 1.0 = 1.23$ طناً على السنتيمتر المربع وكلا القيمتين تبين انه اذا انكسر الخارصان فان الصلب لم يضغط حتى لغاية حمل التشابك فـ لكي نحصل على حمل الامن لهذا العمود فتستعمل لمعادلة (ب)

$$C = 246 [180638 - 70910 + 70910 + 70910]$$

$$\text{وحينما تكون } C = 15$$

$$C = 7300 \quad \text{ك جرام}$$

للحصول على حمل الكسر

قد تحصلت من التجارب ان الحمل القاطع يساوي ١١٩٠٠ ك ج وذلك لعمود طوله ١٣٠ سم وقطعه مثلث متساوي الاضلاع طول

ضلعه ٢٠ و ٣ سم بنسبة ١ : ٢ : ٥ بعد ما مكث شهرين
 وإذا اجرينا التجربة لعمود آخر مثله تماماً ويختلف عنه في الطول
 حيث يبلغ ٧٠ سم فنجد ان الحمل يساوى ١٦٣٠٠ ك جرام وهذا
 يبين ان نسبة الحمل القاطع لعمود طوله الضعف هي $\frac{119}{113} = 73$
 ∴ الحل القاطع لعمود طوله ٢٤ سم تساوى تقريباً ١١٩٠٠
 $\times 73 = 8700$ و جرام

∴ وحدة الحمل القاطع $\frac{870}{18.638} = 4830$
 فالاحصاء على الحمل الذى يكسر هذه الاعمدة تستعمل =
 اذا العمود الذى في وسطه قضيب قطره ٨ ر ٣١ سم يتكسر
 على $1300 \times 2 = 14600$ و جرام
 $م = 483 (180.66 - 16265 + 15 \times 16265)$
 || ٩٧٥٠ و كج وهذه الطريقة يمكننا معرفة قوة تحمل الاعمدة

الآخري

والاعمدة عملت من مخلوط مركب بنسبة ١ : ٢ : ٥ من الخارصان
 وتختبر بعد مضي شهرين وتدون النتائج في جدول (٩)
 المواد التى تازم لعمل عمود طوله ٢٤ سم ومقطعة مثلث متساوى
 الاضلاع طول ضلعه ٣ ، ٢٠ سم من الخارصين بنسبة ١ : ٢ : ٥ فان
 القدم المكعب من الخارصان يلزمه

$\frac{37}{27}$ براميل سميت و $\frac{37}{27}$ ، ياردات مكعبة من الرمل و $\frac{37}{27}$ ،
 ياردات مكعبة من الاحجار العمود الواحد يلزمه
 $\frac{1632}{27} \times 1.06 = 0.76$ ، براميل اسمنت

∴ $\frac{37}{100} \times 2141656$ ياردات مكعبة من الرمل

مثال آخر اعمود فی داخلہ قضیب قطرہ ۴، ۲۵ م م

الحل : نستعمل المعادلة (ب)

$$(06.018.678)\} \text{EAS} = \{12 \times 1\} u = 2$$

$$+ 10 \times 0.006 = 0.0625 \text{ كجرام}$$

مثال آخر عمودی داخله قضیب قطرہ ۰.۵ ۱۹۶۰ م

∴ $2680 = \text{من مربع}$

$$\{ 2680 \times 10 + 2680 - 18.678 \} \text{ €} =$$

== ۶۱۰۹۰۰ جرام

مثال آخر عمود فی داخلہ قضیب قطرہ ۳، ۱۴ م م م عند

مركز الثقل

$$1661 = 1 \text{ سم مربع}$$

$$900. = \{167 \times 10 + 1211 - 1.672\} 2863 = e$$

۶ جِرام

والمود الواحد يحتاج الى ١٣،٢ ك جرام اسمنت

۴۴ و لك جرام رمل

٦٩٠ ك جرام زلط

« والجدول الاثنى عبارة عن اعمدة عملت واختبرث »

الجدول العاش

النوع	النساج	القيمة المحسوبة		القيمة الحقيقية	النساج	النوع
		للعمل للمأمون	للعمل للمأمون			
١	غير مسلح	١٧٧٥٠	٤٤٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
٢	»	١٧٧٥٠	٤٤٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
٣	بسيخ قطره ٣١٨٧٥	١٤٣٠٠	٧١٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
٤	بسيخ قطره ٣١٨٧٥	١٤٣٠٠	٧١٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
٥	بلاطة اسياخ قطر ١٩٥٠	١٤٨٠٠	٧٣٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
٦	»	١٤٨٠٠	٧٣٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
٧	بسيخ واحد قطر ٢٥	١٣٣٠٠	٧٣٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
٨	»	١٣٣٠٠	٧٣٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
٩	بلاطة اسياخ قطر ١٤٠٠	١٢٣٠٠	٦١٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
١٠	»	١٢٣٠٠	٦١٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
١١	بسيخ قطره ١٩٥٠	١٢٢٠٠	٦١٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
١٢	»	١٢٢٠٠	٦١٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
١٣	بلاطة اسياخ قطر ١٢١٢	١٠٨٥٠	٥٩١٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
١٤	»	١٠٨٥٠	٥٩١٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
١٥	بسيخ واحد قطر ١٢٧	٩٧٠٠	٤٨٦٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
١٦	»	٩٧٠٠	٤٨٦٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
١٧	بلاطة اسياخ قطر ١٥٢	١٠٧٥٠	٥١٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠
١٨	»	١٠٧٥٠	٥١٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠	١٣٨٥٠

وهذه الإحصاءة أثبتت وتؤكد من اعمدة أربعة لها في المساحة ونسبة التسلخ

مطبعة في الموصل ببيت الخصال
بجوار دار الكتب الخيرية لصاحبها عماد الدين